روشی هدف‌گرا به منظور هولون‌بندی در سیستم‌های چندعاملی هولونی

احمد اسمعیلی، ناصر مزینی و محمدرضا جاهد مطلق

چکیده: ساختارهای هولونی یک ساختار سلسله‌مراتبی از هولون‌ها است که به منظور حل مسایل پیچیده و ارضای اهدافی مانند محدودسازی حوزه تعاملات، کاهش عدم قطعیت یا شکل‌دهی هدف‌های سطح بالا در سیستم‌های چندعاملی توسعه داده شده‌اند که به سبب آن سیستم از انعطاف‌پذیری و پویایی بالایی در برابر تغییرات محیطی برخوردار می‌شود.

علی‌رغم کاربرد وسیع سیستم‌های چندعاملی هولونی در زمینه مدل‌سازی و حل مسایل پیچیده، بسیاری از مفاهیم اساسی در آن مانند تشکیل هولون‌های عضو و کنترل پویای ساختار مربوط، از مدل‌های بسیار ساده و ابتدایی که اکثراً وابسته به کاربرد خاص هستند، تبعیت می‌کنند که البته این را می‌توان به علت نوپابودن تحقیقات در این زمینه دانست. در این مقاله سعی گردیده با بهره‌گیری از مفاهیم اجتماعی و نظریه سازمان‌ها، روشی مبتنی بر هدف برای تشکیل ساختارهای هولونی ارائه گردد. روش پیشنهادی که از مفاهیم نقش، مهارت و ساختار اهداف استفاده می‌کند این امکان را فراهم می‌سازد که بتوان از آن برای طیف وسیعی از کاربردها بهره برد.

به منظور نشان‌دادن قابلیت‌های روش پیشنهادی و نیز نمایش نحوه به کارگیری از آن در مسایل واقعی، در این مقاله بستر آزمایشی بر مبنای کاربرد ردیابی شیئ در شبکه‌های حسگر بی‌سیم طراحی و ارائه شده است. در این کاربرد، حسگرهای پخش‌شده در محیط به عنوان عامل‌های ساده با بهره‌گیری از ساختار هولونی، وظیفه ردیابی شیئ بیگانه واردشده به محیط را بر عهده می‌گیرند. طبق نتایج آزمایشگاهی به دست آماده حاصل از شبیه‌سازی، روش هولونی ارائه‌شده بر مبنای الگوریتم پیشنهادی در این مقاله توانسته است کارایی موفقیت‌آمیزی را از نظر کیفیت ردیابی و میزان مصرف انرژی در این بستر آزمایش ارائه دهد.

کلیدواژه: **تئوری سازمانی، سازمان‌دهی هدف‌گرا، سیستم‌های چندعاملی هولونی، شبکه‌های حسگر بی‌سیم.**

۱- مقدمه

یک سیستم چندعاملی به صورت گروهی از عامل‌های هوشمند در یک حوزه توزیع‌شده تعریف می‌شود. با توجه به حوزه کاربرد، تعاریف مختلفی برای عامل هوشمند ارائه شده است. طبق تعریف [۱] عامل به موجودیتی اطلاق می‌شود که بتواند محیط خود را با استفاده از حسگرهایش[1] درک کرده و با استفاده از اثرکننده‌هایی[2] عملی را روی آن محیط انجام دهد. در یک سیستم چندعاملی، عامل‌ها در راستای دستیابی به یک هدف مشخص، به صورت مستقیم یا غیر مستقیم با یکدیگر در تعامل هستند. از آنجایی که بسیاری از مسایل در حوزه هوش مصنوعی قابل تقسیم‌بندی به زیرمسایل کوچک‌تر و ساده‌تر هستند لذا قابلیت توزیع‌شدگی سیستم‌های چندعاملی، آنها را به جایگزین مناسبی برای روش‌های حل مسئله کلاسیک نموده است.

موفقیت سیستم‌های چندعاملی به توانایی آنها در همکاری، هماهنگی و برقراری ارتباط مابین اعضای تشکیل‌دهنده آن وابسته است که این خود نیازمند یک مدل سازمانی مناسب می‌باشد [۲]. یک مدل سازمانی از مجموعه‌ای از نقش‌ها، ساختارها و روابط قدرتی تشکیل شده که به صورت کامل یا جزئی، بخشی از اکثر سیستم‌های چندعاملی هستند. به عبارت دیگر، یک سازمان در سیستم‌های چندعاملی مشخص می‌کند که عامل‌ها در طول یک فرایند هدف محور با یکدیگر در تعامل باشند. از این رو نوع و ساختار سازمان تأثیر عمده‌ای روی روابط قدرت، جریان داده‌ها، تخصیص منابع، الگوهای هماهنگی و سایر ویژگی‌های سیستم دارد [۳]. از سویی همین امر سبب می‌شود که مجموعه‌ای از عامل‌های ساده بتوانند رفتارهای پیچیده‌ای از خود نشان دهند و از سویی دیگر می‌تواند در جهت کاهش پیچیدگی‌های سیستم مؤثر باشد. نشان داده شده که شکل، اندازه و ویژگی‌های یک ساختار سازمانی تأثیر به سزایی در رفتار سیستم و کارایی کوتاه‌مدت و بلندمدت آن دارد [۴].

سازمان‌های هولونی از جمله ساختارهای موفقی هستند که در سال‌های اخیر در زمینه سیستم‌های چندعاملی معرفی شده‌اند. این نوع از سازمان‌ها دارای ویژگی‌های کلیدی متعددی از جمله خودمتشابهی، قابلیت اطمینان، پایداری و پویایی[3] می‌باشند که آنها را به یک راه حل بسیار مناسب برای مسایل توزیع‌شده با اندازه بزرگ تبدیل می‌کند. با این حال همانند سایر ساختارهای سیستم‌های چندعاملی، این ساختارها نیز نیازمند یک روش استاندارد و تا حد ممکن عمومی برای مدیریت و سازماندهی می‌باشند. حال آن که با توجه به نوپابودن این حوزه و پیچیدگی بالای آن، رویکردهای بسیار اندکی در این راستا پیشنهاد شده‌اند که از نظر زمینه کاربرد و فرضیاتی که اعمال می‌کنند دارای محدودیت‌هایی هستند.

در این مقاله سعی می‌گردد روشی مبتنی بر تئوری سازمانی برای تشکیل ساختار اولیه سیستم‌های چندعاملی هولونی ارائه شود. در روش پیشنهادی، عامل‌ها دارای قابلیت‌ها و مهارت‌هایی هستند که بر اساس آن مهارت‌ها، نقش‌هایی را در سیستم عهده‌دار می‌شوند. حال بر اساس این نقش‌ها و ساختار اهداف تعیین‌شده در سیستم، ساختار سلسله‌مراتبی هولونی برای جمعیت اولیه از هولون‌ها ساخته می‌شود.

این مقاله در تاریخ ۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ دریافت و در تاریخ ۱۵ تیر ماه ۱۳۹۴ بازنگری شد.

احمد اسمعیلی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (email: aesmaeili@iust.ac.ir).

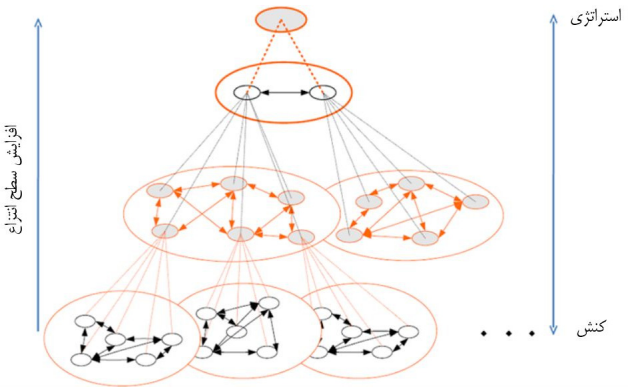
ناصر مزینی، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (email: mozayani@iust.ac.ir).

محمدرضا جاهد مطلق، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، (email: jahedmr@iust.ac.ir).

1. Sensors
2. Effectors
3. Dynamics

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: ساختار سلسله‌مراتبی هولونی (هولارکی).

ادامه مقاله به این صورت سازمان‌دهی شده است: در بخش دوم، زیربنای علمی روش پیشنهادی ارائه می‌شود که در آن سیستم‌های چندعاملی هولونی، سازمان‌دهی در این سیستم‌ها به همراه مروری بر چند کار مرتبط شرح داده خواهد شد. در بخش سوم، روش پیشنهادی به منظور تشکیل هولون‌ها به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش چهار، یک مثال کاربردی در زمینه شبکه‌های حسگر بی‌سیم[1] حل و مورد تحلیل قرار می‌گیرد و در پایان نتیجه‌گیری و کارهای آتی در راستای تحقیقات این حوزه در بخش پنج ارائه می‌شود.

۲- زیربنای علمی

۲-۱ سیستم‌های چندعاملی هولونی

واژه هولون، ترکیبی از هولوس یونانی به معنای کُل و پسوند on به معنای جزء است که برای اولین بار در سال ۱۹۶۷ توسط یک فیلسوف مجارستانی بنام Arthur Koestler به منظور نام‌گذاری ساختارهای بازگشتی و خودمتشابه در نهادهای زیستی و اجتماعی معرفی شد [۵]. بر اساس تعریف وی، یک هولون ساختاری زیستی یا اجتماعی است که پایدار و منسجم بوده و از هولون‌های دیگری با عملکرد یکسان تشکیل شده است. این تعریف از این واقعیت ناشی می‌شود که در طبیعت هیچ ساختاری به صورت مطلق کُل یا به صورت مطلق جزء نیست بلکه ترکیبی از بخش‌های زیردست بوده و در عین حال بخشی از یک کُل بزرگ‌تر نیز می‌باشد. یک ساختار سازمانی درخت‌گونه از اجتماع هولون‌ها، هولارکی نامیده می‌شود. یک هولارکی دارای مزایایی است که اغلب دستاوردهای فنی با طراحی یک‌پارچه، فاقد آن می‌باشند. به عنوان مثال چنین سازمان‌هایی در برابر آسیب‌ها و اختلالات داخلی و خارجی مقاوم بوده و از نظر استفاده از منابع کارا هستند و در برابر تغییرات محیطی می‌توانند از خود سازگاری بالایی نشان دهند. در شکل ۱ یک ساختار سلسله‌مراتبی هولونی (هولارکی) نشان داده شده است. همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود، سطوح بالای هولارکی به استراتژی‌ها و تصمیم‌های کلان سیستم اختصاص دارد حال آن که در سطوح پایین عملیات مربوط به عامل‌های اتمی قابل مشاهده هستند. به عبارت دیگر در هولارکی هرچه به سطح بالاتر می‌رویم تجرید بیشتر می‌شود.

در یک سیستم چندعاملی، عامل‌های عضو یک هولون به صورت یک موجودیت واحد عمل می‌کنند و هر عامل با عضویت در یک هولون، برخی محدودیت‌های رفتاری را متقبل می‌شود و علاوه بر دنبال‌کردن اهداف خود، موظف است اهداف مشترک در هولون را نیز دنبال کند. اهداف یک هولون، برآیند اهداف مشترک اعضای آن است و نباید تناقضی بین اهداف مشترک هولون و اهداف خصوصی اعضا وجود داشته باشد. هولون‌ها اطلاعات و باورهایی درباره محیط خود نگه می‌دارند که ممکن است به صورت صریح در موجودیت هولون یا سرپرست یا به طور ضمنی و توزیع‌شده در داخل اعضا فراهم شود.

به صورت کلی، سه روش برای مدیریت و کنترل ساختار داخلی یک هولون پیشنهاد شده که عبارتند از هولون به عنوان فدراسیونی از عامل‌های خودمختار، هولون به عنوان عاملی واحد حاصل از ادغام کامل عامل‌های عضو و هولون به عنوان یک گروه میانی. از میان این روش‌ها، روش آخر به عنوان رویکردی فراگیر و استاندارد در اکثر تحقیقات این حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی از ویژگی‌های بسیار کلیدی و کارامد سیستم‌های چندعاملی هولونی، خودسازمان‌دهی آنها است. بر اساس این ویژگی، هولون‌ها باید قادر باشند در مواقع لازم جهت همکاری با یکدیگر ادغام شوند. در سیستم‌های چندعاملی هولونی، خودسازمان‌دهی بر اساس مفهوم نقش‌ها تعریف می‌شود و این نقش‌های هولونی وظیفه مربوط به مدیریت عامل‌های هولونی و ارتباط بین آنها را توصیف می‌کنند، بنابراین در یک سازمان هولونی، هر عامل حداقل دارای یک نقش هولونی است [۶]. تعریف دیگری از نقش بر اساس [۷] این گونه تعریف می‌شود: "نقش‌ها، فعالیت و سرویس‌های لازم برای دستیابی به اهداف اجتماعی را تعریف می‌کنند و با تجرید مشخص می‌نمایند که چه عامل‌هایی باید در نهایت چه عملیاتی را انجام دهند [۸].

یکی از بخش‌های اساسی در ارائه یک مدل چندعاملی هولونی برای یک مسئله پیچیده، سازمان‌دهی سیستم است که طبق آن باید مشخص شود که اجزای تشکیل‌دهنده سیستم چگونه تعیین می‌شوند و نحوه کنار هم قرارگیری آنها برای حل مسئله به چه صورتی است. به علاوه از آنجایی که این گونه سیستم‌ها باید کاملاً خودکار و بدون نیاز به مداخله انسان عمل کنند، باید راهکارهایی نیز جهت تطبیق خودمختار آنها در برابر تغییرات احتمالی در نظر گرفته شود. در سازمان‌دهی سیستم‌های چندعاملی هولونی، می‌توان به صورت کلی گام‌های اصلی زیر را مطرح ساخت:

شکل‌گیری هولون‌ها: در این گام، هولون‌های اولیه و ساختار هولارکی مربوط به آن بر اساس جمعیت عامل‌های تشکیل‌دهنده سیستم، شکل می‌گیرد. این مرحله از سازمان‌دهی باید به گونه‌ای باشد که عامل‌ها و هولون‌های با قابلیت متفاوت را در موقعیت‌ها و مسئولیت‌های مناسبی از هولارکی مربوط جای دهد. یافتن یک هولارکی بهینه برای سیستم چندعاملی، یک مسئله NP- سخت به شمار می‌آید.

پویایی هولارکی: در این مرحله سعی می‌گردد هولارکی تشکیل‌شده در مرحله اول به صورت پویا و با کمترین هزینه خود را با شرایط محیطی و تغییرات رفتاری خود عامل‌ها و هولون‌های تشکیل‌دهنده آن تطبیق دهد. این مرحله که نقطه قوت یک ساختار هولونی را نسبت به اکثر ساختارهای دیگر نشان می‌دهد، یکی از مسایل بسیار پیچیده و پرهزینه در این حوزه است.

از آنجایی که یک سیستم چندعاملی هولونی معمولاً برای مدل‌سازی و حل مسایلی با تعداد موجودیت‌های بالا به کار برده می‌شود، لذا انتظار می‌رود راه حل‌هایی که برای سازمان‌دهی این گونه سیستم‌ها ارائه می‌شوند تا حد امکان ساده و به دور از پیچیدگی‌های محاسباتی باشد. از طرفی دیگر با توجه به ماهیت توزیع‌شدگی این سیستم‌ها راه حل‌هایی که

1. Wireless Sensor Networks

Archive of SID
www.SID.ir

ارائه می‌شوند باید توزیع‌شده بوده و تا حد ممکن توسط خود اجزای ساختارهای هولونی مدیریت شوند.

۲-۲ پژوهش‌های انجام‌شده

استفاده از مفاهیم اجتماعی در ساختاردهی و مدیریت سیستم‌های چندعاملی، بحث جدیدی نیست و در بسیاری از تحقیقات انجام‌گرفته در حوزه سیستم‌های چندعاملی به آن پرداخته شده است. در ادامه مرور کوتاهی بر چند کار نزدیک به اهداف این مقاله خواهیم داشت.

در روشی که در [۹] پیشنهاد شده از روش پروتکل شبکه قرارداد به عنوان مکانیزم سرراستی برای تشکیل یک سری از اتصالات مابین ویژگی‌های یکسان استفاده شده است. ساختار سلسله‌مراتبی و هولونی که توسط این روش تولید می‌شود به صورت ضمنی فرض می‌کند که هدف سطح بالای اولیه قابل شکسته‌شدن و تقسیم‌بندی به اهداف کوچک‌تری است. اشکال این روش نزدیک‌بینی آن است. این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که عامل‌های شرکت‌کننده در قرارداد الزاماً نیازهای سایر پیمان‌کارها را در نظر نمی‌گیرند. در روشی که در [۱۰] پیشنهاد شده سعی می‌شود با استفاده از مفهوم همانندسازی عامل، در شرایط سربار یک کپی از خود عامل‌ها که شامل خصوصیات یکسان با آن است، ایجاد شود. اگر عامل ساخته‌شده، زیردست عامل اصلی تصور شود طی این رویکرد، یک سازمان سلسله‌مراتبی ایجاد می‌شود که می‌توان آن را به ساختارهای هولونی تعمیم داد. نقطه ضعف این روش در ساخت سطوح غیر لازم درساختارسازمانی و تحمیل منابع اضافی برای آن سطوح است. درروش پیشنهادی [۱۱] تلاش می‌شود بهترین ساختار سلسله مراتبی (از نظر عمقی) برای تسریع هماهنگ‌سازی عامل‌ها یافت شود. در الگوریتم ارائه‌شده در این کار با رویکردی مشابه با روش جستجوی عمقی (DFS) سعی می‌شود درختی متناسب با گراف شبکه به گونه‌ای تشکیل شود که برخی از مشکلات روش DFS مانند عمق‌های غیر ضروری در درخت تولیدشده برطرف گردند. از ایرادات این روش می‌توان به عدم وجود تعاملات افقی در ساختار حاصل‌شده و نیز فقدان کنترل خودمختاری عامل‌ها اشاره کرد. Zhang [۱۲] از مدلی از هولون‌های ایستا در کنار هولون‌های میانجی برای ساخت و شکل‌دهی به سازمان استفاده می‌کند. این مدل از گروه‌های ایستایی از هولون‌های تولیدی، مدل تولیدی و منبع تشکیل شده که هر یک از آنها مربوط است به گروهی از اشیای اطلاعاتی و فیزیکی محیط (مانند ابزار ساخت، برنامه‌ریزی‌های طراحی، حامل‌ها و ...). هر وظیفه جدیدی که معرفی می‌شود توسط یک هولون میانجی پویا (DMH) بازنمایی می‌شود که خود آن توسط هولون میانجی اصلی ساخته می‌شود. زمانی که وظیفه کاملاً انجام می‌شود، DMH از بین می‌رود. ایراد این روش عدم پویایی هولون‌ها است. در رویکردهای پیشنهادشده در [۱۳] و [۱۴] از کمینه‌سازی آنتروپی فازی برای هدایت تشکیل خوشه‌های هولونی در ساخت هولارکی استفاده می‌شود. در این کار فرض می‌شود که به صورت اولیه، مجموعه هولون‌ها با مجموعه‌ای از برنامه- منبع‌ها توصیف می‌شود که هر یک از آنها تخصیص بالقوه هولون‌ها به خوشه‌ها را نشان می‌دهند. همچنین مجموعه‌ای از احتمالات، درجه و نوع این خوشه‌ها را مشخص می‌کنند. در [۱۳] رویکردی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای جستجوی فضای مربوط به تخصیص خوشه‌ها ارائه شده است. در [۱۵] نویسندگان مدلی را بر اساس شبکه‌های پتری برای سیستم‌های هولونیک معرفی کرده‌اند. این مدل پیشنهادی بر پایه سیستم‌های اجتماعی مصنوعی [۱۶] می‌باشد که در آن یک سری محدودیت‌ها روی رفتار عامل‌ها و هولون‌های داخل سیستم اعمال شده و از این طریق هماهنگ‌سازی اجزا صورت می‌گیرد. این سیستم تحت عنوان سیستم اجتماعی هولونی (HoSS)، در واقع از شبکه‌های پتری برای مدل‌سازی سیستم‌های تولیدی انعطاف‌پذیر هولونی استفاده می‌کند تا جریان منابع فیزیکی و داده‌های اطلاعاتی مربوط به آن را مدیریت و کنترل نماید. این مدل بر مبنای سیستم‌های تولیدی و صنعتی هولونی طراحی و پیشنهاد شده است لذا از ضعف‌های مربوط به آن حوزه رنج می‌برد. به عنوان بزرگ‌ترین اشکال آن می‌توان به استفاده از یک سری هولون‌های ثابت و از قبل تعریف شده اشاره کرد که سبب محدودشدن حوزه کاربرد آن می‌گردد. در [۱۷] سعی شده یک چارچوب کلی برای سیستم‌های چندعاملی هولونی معرفی شود. در چارچوب پیشنهادشده، هیچ گونه روش یا مکانیزمی جهت تشکیل سازمان‌های اولیه از هولون‌ها پیشنهاد نشده و فرض می‌شود که یک جمعت اولیه از هولون‌ها و عامل‌ها (به عنوان هولون‌های اتمیک) موجود هستند. در روش پیشنهادشده، خودسازمان‌دهی از طریق عملیات ادغام و تجزیه هولون‌ها صورت می‌گیرد که بر اساس معیاری به نام پیوستگی و رضایت صورت می‌گیرد.

این معیار که برگرفته شده از سیستم‌های ایمنی مصنوعی است، میزان تناسب دو هولون برای ادغام و یا کنترل شرایط تجزیه یک هولون به زیر هولون‌های تشکیل دهنده را مدیریت می‌کند. به صورت کلی، دید این پایان‌نامه به موضوع سازمان‌دهی ساختارهای هولونی نه از جنبه تعاملات بین عامل‌ها و هولون‌ها بلکه از جنبه یک سری قوانین و قواعد تعریف‌شده بر اساس کاربرد خاص است که بر طبق آن هولون‌ها بر حسب نیاز و در پاسخ به نیازهای سیستم، یک ساختار پویا را ایجاد می‌کنند. در [۱۸] روشی سازمانی برای تشکیل ساختارهای هولونی پیشنهاد شده است. روش پیشنهادشده در این مقاله سعی می‌کند، بدون استفاده از مفهوم نقش، مدلی را برای تشکیل ساختار هولونی، بر اساس مکانیزم مذاکره مابین مؤلفه‌های سازنده سیستم، ارائه نماید. در [۱۹] یک روش حریصانه بر مبنای نظریه گراف‌ها برای ساخت ساختار هولونی پیشنهاد شده است. مبنای کار این روش بر این فرض استوار است که یک گراف وزن‌دار مابین عامل‌های سیستم چندعاملی قابل تعریف باشد. در [۲۰] با یک روش مشابه سعی شده با استفاده از مفاهیم شبکه‌های اجتماعی ساختار چندسطحی هولونی برای یک شبکه چندعاملی ارائه شود. با وجود این که این دو روش آخر از عمومیت کافی برای استفاده از آنها در طیف وسیعی از کاربردها برخوردار هستند، در آنها تنها تمایز بین عامل‌ها بر اساس موقعیت آنها در ارتباط با سایر عامل‌ها بوده و توجهی به مهارت‌های آنها و نیز ساختار مربوط به اهداف سیستم نشده است.

۳- روش پیشنهادی

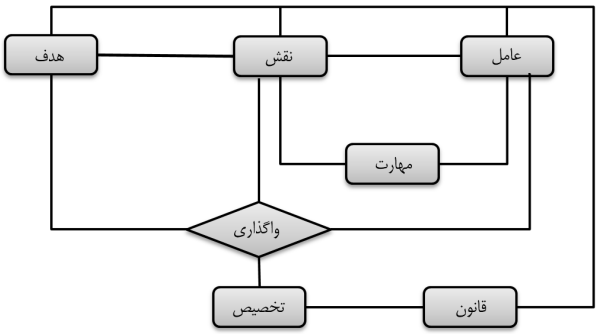
۳-۱ تشکیل ساختار هولونی با استفاده از تئوری سازمانی

در تحقیقات سازمانی، سازمان‌ها با استفاده از عامل‌هایی که نقش‌هایی به منظور دستیابی به مجموعه‌ای اهداف بازی می‌کنند، مدل می‌شوند. در روش ارائه‌شده با استفاده از مفاهیم مدل سازمانی، اجزای تشکیل‌دهنده ساختار هولونی را به دو دسته اجزای ساختاری و اجزای حالت هولارکی تقسیم می‌کنیم. اجزای ساختاری عبارتند از اهداف، نقش‌ها، قوانین مورد نیاز و مهارت‌ها. این اجزا بخشی از تعریف سیستم چندعاملی است که برای حل مسئله استفاده می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شوند:

هدف (G): قصد و نیت یک ساختار هولونی توسط مؤلفه ساختاری هدف مدل می‌شود. در روش پیشنهادی فرض می‌شود که هدف یک

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲: اجزای ساختاری و روابط بین آنها.

ساختار هولونی به روشنی مشخص بوده و می‌تواند ساختار مربوط به خود را داشته باشد. این ساختار مربوط به اهداف سیستم را می‌توان به صورت یک درخت مدل کرد که هرچه در درخت اهداف به سمت سطوح بالا پیش می‌رویم اهداف کلی‌تر شده و سطح تجرید آنها بیشتر می‌شود. بر پایه این ساختار لایه‌ای از اهداف سیستم که به صورت عینی در تمامی سازمان‌های انسانی و اجتماعی وجود دارد، ساختار هولونی را می‌توان به گونه‌ای طراحی کرد که هولون‌های سطوح پایین‌تر هولارکی مسئولیت تحقق اهداف اتمیک را بر عهده داشته باشند و اهداف سطوح بالاتر توسط ابر- هولون‌های سطوح بالاتر مدیریت شوند. چنین توازنی مابین ساختار اهداف و هولارکی ساخته‌شده بر پایه آن سبب می‌گردد ساختار هولونی بر اساس کاربردهای مختلف شکل مناسبی به خود گیرد و از تغییرات اساسی در ساختار ایجادشده تا حد قابل توجهی جلوگیری شود.

نقش (Ro): در داخل هر سیستم هولونی نقش‌هایی تعریف می‌شوند که عمل‌کردن به این نقش‌ها منجر به دستیابی به اهداف سیستم هولونی می‌شود. هر یک از این نقش‌ها، مسؤولیت‌ها و روابط مخصوص به خود را دارا هستند و عامل‌هایی که این نقش‌ها را بر عهده می‌گیرند، مسئولیت‌های مربوط را با توجه به روابط و رعایت قوانین آن نقش عهده‌دار می‌شوند.

قوانین (Ru): قوانین و هنجارها بخش کلیدی از هر جامعه انسانی به شمار می‌روند. در داخل سیستم‌های هولی نیز می‌توان مجموعه‌ای از قوانین برای نحوه دسترسی عامل‌ها به نقش‌ها و اهداف تعیین کرد. معمولاً قوانین وابسته به حوزه کاربردی خاصی تعریف می‌شوند و با استفاده از مفهوم هنجارها[1] به عنوان محدودیتی روی فعالیت عامل‌ها قابل پیاده‌سازی هستند.

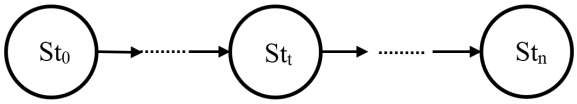
مهارت (S): هر عامل دارای مجموعه‌ای از مهارت‌های شخصی است که سطح توانایی یا هوش آن عامل را نشان می‌دهد. در واقع، عامل‌ها با توجه به سطح مهارت‌های خود سعی می‌کنند نقش‌هایی از سیستم را بازی کرده و به اهداف مورد نظر دست یابند.

این مؤلفه‌های ساختاری به همراه روابطی که طبق روش پیشنهادی بین آنها وجود دارد، به صورت خلاصه توسط شکل ۲ نمایش داده شده‌اند.

در شکل ۲ علاوه بر مؤلفه‌های ساختاری که پیش از این ذکر شد، مؤلفه "واگذاری" اشاره دارد بر فرایندی که طی آن مشخص می‌گردد چه عاملی با عهده‌دار شدن چه نقشی، در راستای کدام هدف فعالیت می‌کند. اطلاعات مربوط به این واگذاری توسط موجودیت "تخصیص" بازنمایی می‌شود. روابط بین این اجزای ساختاری به صورت زیر است:

عامل- مهارت (Ag-Sk): مشخص‌کننده مهارت‌ها و قابلیت‌های یک عامل.

1. Norms



شکل ۳: پویایی ساختار هولونی با استفاده از تغییرات حالت ساختاری.

عامل- نقش (Ag-Ro): مشخص‌کننده نقش‌هایی که یک عامل عهده‌دار است.

نقش- مهارت (Ro-Sk): مشخص‌کننده مهارت‌های لازم برای عهده‌دار شدن یک نقش توسط عامل‌ها.

هدف- نقش (Gl-Ro): مشخص‌کننده نقش‌های لازم برای دستیابی به یک هدف.

قانون- (عامل، نقش، هدف) (Ru-ARG): مشخص‌کننده قوانین مربوط به عامل‌ها، نقش‌ها و اهداف.

قانون- تخصیص (Ru-Asn): مشخص‌کننده قوانین مربوط به تخصیص نقشی به یک عامل در راستای یک هدف مشخص.

روابط و موجودیت‌های فوق، ساختار کلی سیستم را در یک حالت ثابت و بدون توجه به مؤلفه زمان توصیف می‌کنند. به منظور فراهم‌کردن قابلیت کنترل و مدیریت این ساختار در طول زمان و بر اساس رخدادهای روی‌داده در سیستم، ما مفهوم حالت ساختاری را معرفی می‌کنیم. یک حالت ساختاری، پیکربندی دقیقی را از مؤلفه‌های ساختاری در یک زمان مشخصی از فعالیت سیستم ارائه می‌کند. با استفاده از این مفهوم می‌توان پویایی و سازمان‌یابی سیستم را به صورت تغییر بین حالت‌های مختلف ساختار هولونی مدل کرد که به صورت ساده توسط دیاگرام شکل ۳ نشان داده شده که در آن St_0، St_t و St_n به ترتیب حالت‌های ساختار هولونی در ابتدا، زمان t و انتهای فرایند فعالیت سیستم را نشان می‌دهند. در واقع پویایی فرایند، تغییر وضعیت بین این حالت‌ها است.

هر یک از حالت‌های ساختار هولونی، علاوه بر مجموعه عامل‌های فعال، از روابطی دقیق برای بیان مهارت‌های آن عامل‌ها در آن زمان، نقش‌های عهده‌دار شده برای آن نقش‌ها و نیز اهدافی که عامل توانایی دستیابی به آن را دارد، تشکیل می‌شود. ما برای این روابط از مقادیر کمی استفاده می‌کنیم که به شکل دقیق‌تر طبق تعریف‌های زیر معرفی می‌شوند.

رابطه بین عامل و مهارت: ما این رابطه را با $Has(a_i, s_j, t)$ نشان می‌دهیم که مشخص می‌کند در زمان t عامل a_i چه نسبتی از مهارت s_j را دارا است. این نسبت، عددی در بازه [۰،۱] اختیار می‌کند و با توجه به این نکته که هر عامل حداقل دارای یک مهارت است می‌توان نوشت

$$\forall t, \forall a_i \in A, \exists s_j \in S : Has(a_i, s_j, t) > 0 \qquad (1)$$

که در آن A و S به ترتیب مجموعه تمامی عامل‌ها و مجموعه تمامی مهارت‌های سیستم است.

رابطه بین عامل و نقش: این رابطه که با استفاده از تابع $Suitable(a_i, r_j, t)$ نشان داده می‌شود، مشخص می‌کند که در زمان t، عامل a_i تا چه اندازه برای عهده‌دار شدن نقش r_j مناسب است. مقدار کمی مربوط به این رابطه بر اساس رابطه Has که پیش از این معرفی گردید و نیز مجموعه مهارت‌های لازم برای عهده‌دار شدن نقش j در زمان t که آن را با $Need_j^t$ نشان می‌دهیم، محاسبه می‌شود (رابطه (۲)). طبق این رابطه، عاملی که مهارت‌های مورد نیاز بیشتری از یک نقش مشخص را دارا باشد، برای آن نقش مناسب‌تر خواهد بود. از طرفی دیگر، همان گونه که مشاهده می‌شود اگر مهارتی برای نقش r_j وجود داشته باشد که عامل فاقد آن باشد، کمیت برگردانده شده توسط این تابع صفر خواهد بود

Archive of SID
www.SID.ir

```
Input: GT, Ro, Sk Ag
Output: Initial holonic state (HS_0)
1  Holarchy = ∅;
2  forall the gl ∈ GT_leaf do
3  |  h_i = {gl};
4  |  Holarchy = Holarchy ∪ {h_i};
5  end
6  AddComponent(Ro, Holarchy);
7  AddComponent(Sk, Holarchy);
8  AddComponent(Ag, Holarchy);
9  forall the h_i ∈ Holarchy do
10 |  forall the g ∈ h_i do
11 |  |  forall the r ∈ h_i do
12 |  |  |  mostSuitable = arg max_{a∈h_i} Satisfy(a, r, g, 0);
13 |  |  |  Assign(mostSuitable, r, g);
14 |  |  end
15 |  end
16 end
```

شکل ۴: الگوریتم هولون‌بندی.

$$Suitable(a_i, r_j, t) = \begin{cases} 0 & , \text{ if } \exists s \in Need_j^t : Has(a_i, s, t) = 0 \\ \dfrac{\sum_{s_k \in Need_j^t} Has(a_i, s_k, t)}{\left|Need_j^t\right|} & , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (۲)$$

رابطه بین عامل، نقش و هدف: این رابطه با $Satisfy(a_i, r_j, g_l, t)$ نشان داده می‌شود و مشخص می‌کند که در زمان t، عامل a_i با توجه به مهارت‌هایی که دارد و نقش r_j که بازی می‌کند، تا چه حدی می‌تواند برای هدف g_l مفید باشد. مقدار کمی این رابطه با توجه به دو رابطه قبل و به صورت زیر محاسبه می‌شود

$$Satisfy(a_i, r_j, g_l, t) = Suitable(a_i, r_j, t) \times Fulfill(r_j, g_l) \quad (۳)$$

که در آن تابع $Fulfill(r_j, g_l)$ با توجه به داده‌های ساختاری هولون‌ها که پیش از این شرح داده شد، میزان تأثیر نقش r_j در دستیابی به هدف g_l را مشخص می‌کند (با توجه به رابطه Gl-Ro). مقدار مربوط به این تابع در زمان تعریف سیستم مشخص می‌شود.

۳-۲ الگوریتم تشکیل هولون‌ها

همان گونه که در بخش ۲ شرح داده شد، یک سازمان‌دهی پویا برای سیستم‌های چندعاملی هولونی از دو گام ساخت هولارکی اولیه و مدیریت پویای آن تشکیل شده است. در این مقاله، تمرکز اصلی روی تشکیل هولارکی اولیه با توجه به مؤلفه‌های ساختاری و حالت شرح داده شده در بخش قبل است. به عبارت دقیق‌تر، طبق روش پیشنهادی، یک نقشه ساختاری از حالت اولیه سیستم (HS_0) تشکیل می‌شود که بر اساس آن مشخص می‌گردد که هر هولون از چه عامل‌هایی تشکیل شده و آن عامل‌ها چه نقش‌هایی را در راستای دستیابی به اهداف سیستم عهده‌دار هستند. بدیهی است که این مرحله تأثیر به سزایی در کارایی کل سیستم و نیز موفقیت کنترل پویایی ساختار در طول فرایند خودسازمان‌دهی دارد.

در روش هولون‌بندی پیشنهادی، سعی می‌شود از اشتراک بین هولون جلوگیری گردد و به عبارت دیگر اجزای ساختاری به گونه‌ای به هولون‌هایی تقسیم‌بندی می‌شوند که روابط و اتصالات اشیای موجود، تنها

```
1  func AddComponent (Cm, Holarchy)
   Input: Cm ∈ {Ro, Sk, Ag}, Holarchy
2  forall the c ∈ Cm do
3  |  candidHolons = FindCandid(cm, Holarchy);
4  |  if |candidHolons| = 1 then
5  |  |  h = GetHolon(gl ∈ candidHolons);
6  |  |  h = h ∪ {c};
7  |  else
8  |  |  newHolon = ⋃_i candidHolons_i;
9  |  |  Holarchy = Holarchy − candidHolons;
10 |  |  Holarchy = Holarchy ∪ newHolon;
11 |  end
12 end
```

شکل ۵: تابع اضافه‌کردن مؤلفه به هولون.

به صورت داخل هولونی باشند. این کار با توجه به ساختار موجود هدف‌های سیستم و نیز نقش‌هایی که برای هر یک از آن اهداف تعریف می‌شود، صورت می‌گیرد. در این الگوریتم ما سعی می‌کنیم تا جای ممکن با افزایش تعداد هولون‌ها، اندازه هر کدام از آنها را از نظر اشیا و روابط موجود کاهش دهیم. به موجب این امر، هزینه مدیریت‌کردن داخل هر یک از هولون‌ها کاهش یافته و از آنجایی که هولون‌ها کاملاً مستقل از یکدیگر خواهند بود، با موازی‌سازی فرایند داخل هولون‌ها، کارایی کل سیستم را تا حد زیادی می‌توان افزایش داد. شبه‌کد الگوریتم تشکیل هولون‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است.

همان گونه که دیده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی یک رویه پایین به بالا است. به این صورت که ابتدا به ازای هر یک از اهداف اتمیک مربوط به درخت اهداف سیستم (GT)، یک هولون جدید تخصیص داده می‌شود. در گام بعد سعی می‌شود مجموعه نقش‌های سیستم به این هولون‌ها اضافه گردد. این عمل با توجه به رابطه *Fulfill* بین اهداف و نقش‌ها که پیش از این معرفی شد صورت می‌گیرد. برای این منظور ابتدا تابع *FindCandid* مجموعه تمامی هولون‌های داخل مجموعه *Holarchy* که اهداف آنها طی رابطه *Fulfill* با نقش مشخص ارتباط دارند را استخراج می‌کند. حال اگر این مجموعه یافت‌شده فقط شامل یک هولون باشد این نقش به آن هولون اضافه می‌شود و در غیر این صورت هولون‌هایی که این نقش با اهداف آنها رابطه دارد، ادغام می‌شوند. این گام از هولون‌بندی با فراخوانی تابع *AddComponent* با ورودی مجموعه نقش‌های سیستم (Ro) در خط ۶ انجام می‌گیرد. در خط‌های ۷ و ۸ الگوریتم، به طریقه مشابه به ترتیب مجموعه مهارت‌های لازم برای انجام نقش‌ها طبق رابطه *Need* و مجموعه عامل‌های دارای مهارت‌های مربوط طبق رابطه *Has* به هولون‌های موجود اضافه می‌شوند. الگوریتم مربوط به تابع *AddComponent* در شکل ۵ نشان داده شده است. توجه شود که در هر یک از این مراحل نیز، اشتراک مهارت یا عاملی مابین دو یا چند هولون منجر به ادغام هولون‌های مربوط می‌گردد. با علم بر اتمیک‌بودن اهداف استفاده‌شده، مراحل شرح داده شده، هولون‌های پایین‌ترین سطح هولارکی را تشکیل می‌دهند. حال آن که برای ساخت سایر سطوح هولارکی می‌توان از روشی مشابه و با استفاده از اهداف سطوح بالای درخت اهداف استفاده کرد. مرحله آخر از روش پیشنهادی، مربوط است به تخصیص عامل‌ها به هولون‌ها بر اساس مهارت‌های آنها و همچنین سایر ساختارهای سیستم با استفاده از تابع *Assign*. در این مرحله ما از رابطه کمی *Satisfy* که در بخش گذشته معرفی شد، استفاده می‌کنیم. به این صورت که برای هر هولون سعی می‌شود تخصیص‌های عامل‌ها با توجه

Archive of SID

www.SID.ir

به مهارت‌ها و قوانین داخل آن هولون به گونه‌ای انتخاب شوند که مجموع $\sum_{a_i,r_j,g_l\in H_k} Satisfy(a_i,r_j,g_l)$ برای تمامی تخصیص‌های ممکن داخل هولون، ماکسیمم شود. این عمل در خطوط ۹ تا ۱۶ الگوریتم شکل ۴ انجام می‌شود.

علاوه بر عبارات تعریف‌شده فوق، در الگوریتم شکل ۴، مجموعه GT_{leaf} دربرگیرنده اهداف برگ درخت اهداف GT است و مجموعه $Holarchy$ شامل تمامی هولون‌های سیستم چندعامله هولونی می‌باشد. در الگوریتم شکل ۵، نشانه $|X|$ برای نشان‌دادن اندازه مجموعه X استفاده شده و تابع $GetHolon$ هولون مربوط به یک هدف مشخص را برمی‌گرداند و همچنین در این الگوریتم عبارت $candidHoloni$ مشخص‌کننده عنصر iام از مجموعه $candidHolon$ است. توجه شود که ایجاد رابطه بین اجزای مختلف بر اساس قوانین تعریف‌شده و با توجه به کاربرد صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر ممکن است در حالت کلی نقش خاصی برای حصول هدفی مشخص کاربرد داشته باشد با این وجود در مسئله‌ای که می‌خواهیم از ساختارهای هولونی استفاده کنیم، قوانین مربوط به آن مسئله، اجازه برقراری ارتباط بین آن هدف و نقش مربوط را ندهد.

با این فرض که علامت $|X|$ نشان‌دهنده اندازه مجموعه X باشد، در بدترین حالت پیچیدگی زمانی تابع $AddComponent$ برابر خواهد بود با $O(|Holarchy|\times|Cm|)$ و برای خطوط ۲ تا ۵ و ۹ تا ۱۶ الگوریتم شکل ۴، این پیچیدگی به ترتیب برابر است با $O(|GT_{leaf}|)$ و $O(|GT_{leaf}|\times|Ro|\times|Ag|)$. نتیجتاً پیچیدگی زمانی الگوریتم هولون‌بندی برابر $O(|GT_{leaf}|\times|Ro|\times|Ag|)$ است. به طریق مشابه در بدترین حالت پیچیدگی حافظه تابع $AddComponent$ برابر با $O(|Holarchy|)$ است. از آنجایی که برای ذخیره‌سازی هولون‌ها و واگذاری‌ها به ترتیب به $O(|GT_{leaf}|)$ و $O(|Ag|\times|Ro|\times|GT_{leaf}|)$ حافظه نیاز خواهیم داشت، پیچیدگی حافظه کلی الگوریتم شکل ۴ برابر خواهد بود با $O(|Ag|\times|Ro|\times|GT_{leaf}|)$.

٤- مطالعه موردی

همان گونه که پیش از این ذکر شد، روش پیشنهادی در این مقاله یک روش عمومی بوده و منحصر به کاربرد خاصی نیست. به عبارت دیگر با استفاده از مفاهیم و فرضیات تعریف‌شده می‌توان از این روش برای تشکیل ساختار هولونی در سیستم‌های چندعاملی بهره برد. در این مقاله به منظور نشان‌دادن کارایی این روش و همچنین نحوه استفاده ار آن در دنیای واقعی، از مسئله ردیابی شیئ[1] در شبکه‌های حسگر بی‌سیم استفاده شده است. در ادامه این بخش از مقاله، تعریف مسئله مورد استفاده و نحوه مدل‌سازی آن بر اساس روش پیشنهادی به تفصیل شرح داده می‌شود.

٤-١ ردیابی شیئ در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

یک شبکه حسگر بی‌سیم از تعداد بسیار زیادی گره حسگری کوچک تشکیل شده است که برای نظارت بر یک محیط فیزیکی استفاده می‌شود. حسگرهایی که در همسایگی یک رویداد قرار دارند، اطلاعات نظارتی خود از رویداد مربوط را به حسگر ویژه‌ای به نام چاهک[2] گزارش می‌کنند که خود این گره توانایی برقراری ارتباط با دنیای خارج از شبکه را دارا است. از جمله کاربردهای وسیعی که شبکه‌های حسگر بی‌سیم در سال‌های اخیر داشته است، می‌توان به کنترل ترافیک، نظارت بر زیستگاه‌های جانوری، نظارت بر آلودگی‌های محیطی و نظارت‌های صنعتی اشاره نمود [۲۱].

کاربرد ردیابی شیئ که در این مقاله به آن توجه شده است یکی از کاربردهای محوری در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به شمار می‌رود. در این کاربرد، تعدادی حسگر بی‌سیم در یک منطقه به صورت تصادفی یا دستی پخش شده و سعی می‌گردد مکان شیئی از نوع مشخص را که وارد منطقه می‌شود با استفاده از این مجموعه حسگرها پیش‌بینی و ردیابی نمود. عمل مکان‌یابی و ردیابی با استفاده از تشخیص هدف توسط حسگرها و گزارش‌کردن مکان آن به سایر گره‌ها و از جمله ایستگاه مرکزی[3] صورت می‌گیرد. از آنجایی که حسگرهای مورد استفاده در این کاربرد، همانند اکثر کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم از منبع تغذیه محدود برخوردار هستند لذا روشی که سبب گردد طول عمر حسگرها حداکثر شده و هم‌زمان خطای ردیابی کمینه شود، بسیار مطلوب خواهد بود. از آنجایی که سیستم‌های مبتنی بر ساختارهای هولونی، یکی از رویکردهای مؤثر برای کاهش میزان ارتباطات و تعاملات به حساب می‌آید، در این کاربرد نیز می‌توان به شکل کارایی از آن بهره برد.

٤-٢ بستر آزمایش

در این مقاله به منظور نشان‌دادن قابلیت‌های روش پیشنهادی، محیط مربوط به مسئله ردیابی شیئ به صورت یک محیط شبیه‌سازی پیاده‌سازی شده است. این محیط که با استفاده از زبان Java و نرم‌افزار Netlogo طراحی و پیاده‌سازی شده است، متشکل از یک فضای مربعی‌شکل با ابعاد مشخصی است که در آن تعداد قابل توجهی از گره‌های حسگری به صورت تصادفی و با توزیعی یکنواخت پخش شده‌اند. در این بستر از دو نوع حسگر استفاده گردیده که تفاوت این دو نوع حسگر در میزان طول عمر منبع تغذیه آنها و برد ارتباطی و حسگری آنها است. به علاوه، این حسگرها قابلیت تشخیص و ردیابی نوع خاصی از یک شیئ را دارا هستند. در شکل ۶ نمایی از محیط شبیه‌سازی مشاهده می‌شود که در آن، انواع مختلف حسگرها با اندازه و رنگ متفاوت به تصویر کشیده شده‌اند.

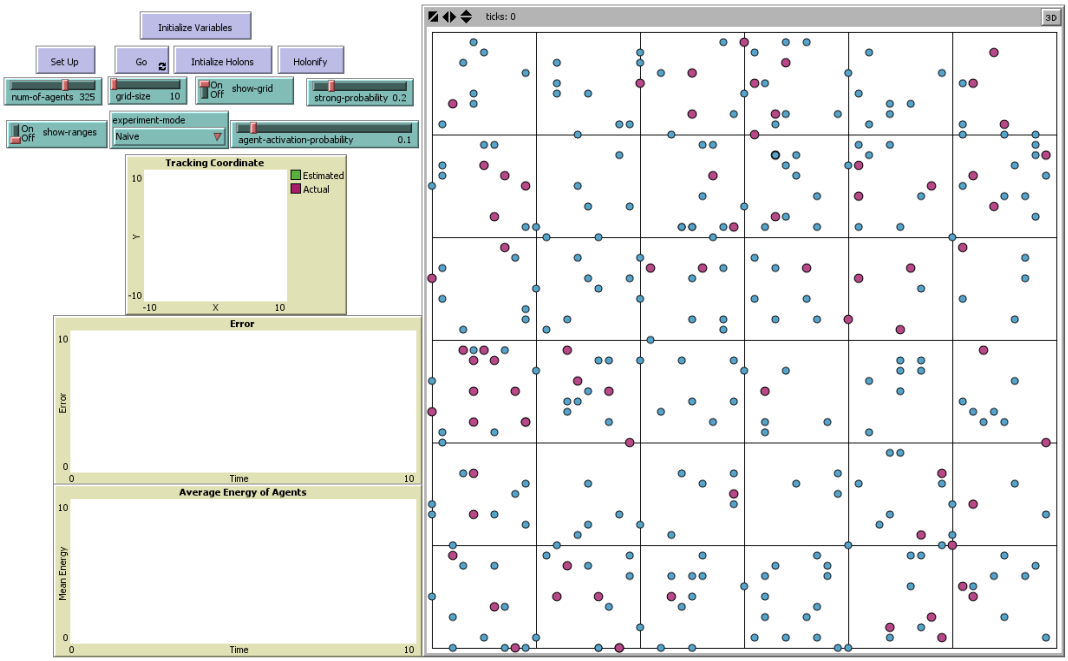
در این بستر آزمایش شبیه‌سازی شده، شیئی از نوعی مشخص به صورت تصادفی از یکی از اضلاع محیط وارد می‌شود و در داخل محیط شروع به حرکت می‌کند. مسیر و جهت حرکت این هدف به صورت تصادفی است و تا زمانی که انرژی تمامی حسگرها خالی نشده در داخل محیط به حرکت خود ادامه می‌دهد. در این بستر آزمایش از دو نوع شیئ استفاده گردیده که تنها گره‌های از نوع مناسب قادر به تشخیص و ردیابی آن اشیا هستند.

در حالت کلی در یک شبکه حسگر بی‌سیم، هر یک از گره‌های شبکه دارای انرژی اولیه محدودی هستند که در طول زمان، بر اساس نوع فعالیتی که انجام می‌دهند، مقداری از این انرژی را از دست می‌دهند. در بستر آزمایش پیاده‌سازی شده در این مقاله نیز هر یک از حسگرها در هر زمان می‌توانند در یکی از ۳ حالت بیکار، حس‌کردن و ارتباط قرار داشته باشند. در حالت بیکار گره حسگری هیچ فعالیتی را به جز دریافت پیغام انجام نمی‌دهد و بنابراین کمینه مقدار انرژی را مصرف خواهد کرد. در حالت حسگری با توجه به قابلیت‌های که دارد به صورت مداوم محیط اطراف خود را جهت تشخیص شیئی از نوع مشخص بررسی می‌کند. به محض تشخیص شیئ، گره برای مدت محدودی به حالت ارتباط می‌رود و مشخصات شیئ تشخیص داده شده را مخابره می‌کند. میزان انرژی که

1. Object Tracking
2. Sink
3. Base Station

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶. نمایی از محیط شبیه‌سازی.

برای هر یک از این حالات توسط گره‌های حسگری متفاوت بوده که در بخش شبیه‌سازی تعیین می‌شود.

٤-٣ روش‌های به کار گرفته شده

در این بستر آزمایش، ما نتایج رویکرد پیشنهادی خود را با دو رویکرد دیگر که در مسئله ردیابی شیئ به عنوان معیارهایی برای مقایسه میزان خطا و طول عمر شبکه مطرح هستند، مقایسه می‌کنیم. در ادامه روش پیشنهادی به همراه این دو روش به تفصیل شرح داده شده‌اند.

٤-٣-١ روش هولونی مبتنی بر الگوریتم پیشنهادی

استفاده از روش پیشنهادی برای این مسئله شامل دو مرحله است. در مرحله نخست، ساختارهای هولونی مربوط به این بستر تشکیل می‌شود و در مرحله بعدی روشی هولونی برای ردیابی شیئ ارائه می‌گردد و هر یک از این مراحل در ادامه شرح داده می‌شوند.

استخراج ساختار اولیه هولونی

جهت استفاده از روش پیشنهادی این مقاله برای استخراج ساختار هولونی، لازم است ابتدا نگاشت مناسبی از اجزای بستر آزمایش به مؤلفه‌ها و فرضیات روش پیشنهادی ارائه گردد. برای این منظور، ما محیط آزمایش را به تعدادی بخش مساوی تقسیم می‌نماییم و مؤلفه‌های ساختاری به صورت زیر تعریف می‌شوند:

هدف (g_i): هدف iام در این مسئله، ردیابی شیئ در داخل بخش i از محیط تعریف می‌شود و مجموعه تمامی اهداف مسئله با $G=\{g_1,g_2,\ldots,g_n\}$ نشان داده می‌شود.

نقش (r_i): نقش iام در این مسئله، مربوط است به وظیفه ردیابی یک شیئ در داخل بخش iام. به عبارت دیگر برای دستیابی به هر هدف پایه یک نقش تعریف می‌شود و مجموعه تمامی نقش‌های سیستم برابر است با $R=\{r_1,r_2,\ldots,r_n\}$.

مجموعه مهارت (S_i): مهارت‌های لازم جهت تشخیص و ردیابی شیئ داخل بخش iام. خود این مجموعه از دو عضو s_i^{TA} و s_i^{TB} تشکیل شده که به ترتیب مهارت مربوط به تشخیص و ردیابی اشیایی از نوع TA و TB در داخل بخش iام می‌باشند. مجموعه تمامی مهارت‌های سیستم با $S=\{S_1,S_2,\ldots,S_n\}$ نشان داده می‌شود.

عامل (a_i): برای گره حسگری iام در شبکه، یک عامل در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر مجموعه عامل‌های سیستم چندعاملی در مسئله را گره‌های حسگری تشکیل می‌دهند و مجموعه تمامی عمل‌ها را با $A=\{a_1,a_2,\ldots,a_n\}$ نشان می‌دهیم که در آن N تعداد گره‌های حسگری در شبکه است.

رابطه بین نقش r_i و هدف g_i: از آنجایی که برای هر هدف یک و تنها یک نقش در نظر گرفته شده است، لذا مقدار کمی برای این رابطه که عددی در بازه $[0,1]$ اختیار می‌کند در این مسئله برابر با ۱ خواهد بود و به عبارت دیگر داریم

$$\forall g_i,r_i : Fulfill(r_i,g_i)\rightarrow 1 \qquad (۴)$$

رابطه بین عامل a_i و مهارت S_i: این مقدار کمی که درجه برخورداری یک مهارت خاص برای عامل‌ها را بر اساس میزان مساحت تحت پوشش آنها تعیین می‌کند، با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید

$$Has(a_i,s_j^X,0)=\begin{cases}0 & \text{if } a_i\in A^{SA} \text{ and } X=TB\\ \dfrac{Cov_area(a_i,s_j^X)}{Sense_area(a_i)} & \text{otherwise}\end{cases} \qquad (۵)$$

که در آن A^{SA} مجموعه عامل‌های اختصاص‌یافته به حسگری از نوع SA، $Cov_area(a_i,s_j^X)$ مساحت بخش قرارگرفته از دامنه حسگری مربوط به عامل a_i داخل بخش j و $Sense_area(a_i)$ مساحت کلی برد حسگری عامل a_i است.

رابطه بین مهارت S_i و نقش r_i: برای هر هدف تشخیص و ردیابی شیئ در داخل هر یک از بخش‌های محیط شبیه‌سازی، دو مهارت در نظر گرفته می‌شود که هر کدام مربوط است به اشیایی از نوع TA و TB و به عبارت دیگر داریم

$$Need_{r_j}=\{S_j^{TA},S_j^{TB}\} \qquad (۶)$$

سایر روابط ساختاری با استفاده از مقادیر فوق و نیز استفاده از روابط تعریف‌گردیده در بخش ۳ قابل دستیابی است.

Archive of SID
www.SID.ir

رویکرد ردیابی داخل هولونی

در این الگوریتم بعد از مرحله هولون‌بندی سیستم چندعامله ساخته شده، به هر یک از هولون‌ها عامل ویژه‌ای به عنوان رهبر یا سرپرست هولون تخصیص داده می‌شود. وظیفه رهبر، برقراری ارتباطات مابین هولون‌های همسایه و نیز جمع‌آوری اطلاعات مکانی مربوط به شیئ متحرک داخل هر هولون است. این کار را رهبر هولون با استفاده از اطلاعاتی که از هر یک از اعضای هولون مربوط دارد انجام می‌دهد. در ابتدای کار، تمامی عامل‌ها (گره‌های شبکه) در حالت حسگری قرار دارند. به محض ورود یک شیئ به محیط و حس‌کردن آن توسط اعضای یکی از هولون‌ها، رهبر هولون مربوط پیغامی را مبنی بر قرارداشتن شیئ در آن هولون به سایر هولون‌ها ارسال می‌کند (ارسال این پیغام می‌تواند به صورت پخشی یا توسط ابرهولون سطح بالا صورت گیرد). دریافت این پیغام توسط سایر هولون‌ها سبب می‌شود که عامل‌های آنها در حالت بیکار قرار گیرند تا از اتلاف انرژی آنها جلوگیری گردد.

یکی دیگر از وظایف رهبر هولون، پیش‌بینی مسیر حرکت شیئ در داخل هولون است. این کار با استفاده از برازش خطی روی مختصات سه حرکت قبلی شیئ با توجه به تاریخچه مکانی آن در داخل هولون صورت می‌گیرد. حاصل این پیش‌بینی خطی به معادله $y=\alpha x+\beta$ خواهد بود. در این معادله، پارامترهای α و β به صورت زیر تعریف می‌شوند

$$\alpha = r_{xy}\frac{S_x}{S_y}$$
$$\beta = \bar{y}-\alpha\bar{x} \qquad (۷)$$

که در آن $\bar{x}$ و $\bar{y}$ به ترتیب میانگین مختصات x و y در سه تاریخچه مکانی شیئ هستند و S_x و S_y نیز انحراف معیار این مختصات می‌باشند. ضریب r_{xy} نیز به صورت زیر قابل تعریف است

$$r_{xy}=\frac{\overline{xy}-\bar{x}.\bar{y}}{\sqrt{(\overline{x^2}-\bar{x}^2).(\overline{y^2}-\bar{y}^2)}} \qquad (۸)$$

حال رهبر هولون مشخصات مسیر حرکت و مکان فعلی شیئ را به سایر هولون‌ها ارسال می‌کند. رهبرهای هولون‌های دریافت‌کننده این پیغام، بررسی می‌کنند که آیا در مسیر حرکت شیئ هستند یا نه. در صورت در مسیر بودن، رهبر مربوط با اطلاع از مکان عامل‌های هولون خود و دامنه حسگری آنها تعیین می‌کند که آیا شیئ متحرک وارد هولون شده است یا خیر. در صورتی که در مسیر نباشد یا شیئ در داخل هولون خود نباشد، هیچ عکس‌العملی نشان نمی‌دهد. در غیر این صورت با ارسال پیغامی عامل‌های داخل هولون خود را در حالت حسگری قرار داده و هم‌زمان پیغامی به سایر هولون‌ها (از جمله هولون فعال قبلی) ارسال می‌نماید که در صورت فعال‌بودن آنها، منجر به غیر فعال شدن و صرفه‌جویی در انرژی عامل‌های آن هولون‌ها می‌گردد.

۴-۳-۲ الگوریتم پایه

این الگوریتم یکی از ساده‌ترین الگوریتم‌های موجود برای ردیابی شیئ مطرح است [۲۲]. در این الگوریتم، تمامی گره‌ها در حالت حسگری قرار دارند و تحلیل‌های خویش از وجود شیئ را به ایستگاه اصلی ارسال می‌کنند تا تخمینی از محل واقعی هدف محاسبه شود. از آنجایی که این روش بهترین نتیجه را از نظر محل ردیابی شیئ ارائه می‌کند، به عنوان روش پایه‌ای برای اندازه‌گیری و مقایسه سایر روش‌های ردیابی فعال محور در مقالات مختلف مطرح است. از سویی دیگر با وجود فراهم‌کردن کمترین خطا در ردیابی، این روش انرژی زیادی را به علت فعال‌بودن تمامی حسگرها در طول زمان مصرف می‌کند که این خود سبب کوتاه‌شدن عمر شبکه می‌گردد.

در این الگوریتم فرض می‌شود که تعداد N گره حسگری در محیطی به صورت تصادفی پخش شده‌اند که برای مدت زمان T فعالیت می‌کنند. این گره‌های حسگری از نوع باینری با برد حسگری ثابت S هستند و به عبارت دیگر در هر زمان، در صورتی که شیئی در فاصله S از حسگر باشد، مقدار "۱" را گزارش می‌کند و در غیر این صورت مقدار "۰" گزارش می‌شود. با توجه به این فرض که موقعیت و مکان دقیق هر یک از گرها مشخص است، مکان شیئ در زمان t با محاسبه مرکزیت مکان حسگرهایی که آن شیئ را در آن زمان تشخیص داده‌اند محاسبه می‌شود. با این صورت که اگر در زمان t، k گره حسگری با مختصات مکانی $X_i=(x_i,y_i)$, $i=1,2,\ldots,k$، شیئی را در برد حسگری خود تشخیص دهند، مختصات تخمینی $X_o(t)=(x_o(t),y_o(t))$ برای شیئ به صورت زیر محاسبه می‌شود

$$x_o(t)=\frac{\sum_k x_i}{k}$$
$$y_o(t)=\frac{\sum_k y_i}{k} \qquad (۹)$$

لازم به ذکر است که روش پیشنهادی در بخش قبل نیز برای تخمین مکان فعلی شیئ متحرک از همین رابطه استفاده می‌کند.

۴-۳-۳ الگوریتم تصادفی

در این الگوریتم، در هر زمان تنها تعداد تصادفی از گره‌های حسگری فعال هستند و عمل ردیابی را انجام می‌دهند. به عبارت دیگر در هر واحد زمانی، هر کدام از حسگرها به صورت مستقل و با احتمال p در حالت روشن و فعال قرار دارند. در این الگوریتم، نحوه محاسبه و تخمین مکان شیئ متحرک در محیط و نیز نحوه فعالیت هر یک از گره‌های حسگری دقیقاً مشابه الگوریتم پایه است. این الگوریتم از نظر بررسی تأثیر فعالیت قسمی گره‌های حسگری، روی پارامترهای اندازه‌گیری کیفیت مکان‌یابی و نیز طول عمر کل شبکه، مورد بررسی قرار گرفته است. روشن است که این الگوریتم با صرف هزینه‌ای از جهت افزایش خطای ردیابی، افزایشی نسبی را در طول عمر شبکه نسبت به حالت پایه ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر اگر در این الگوریتم میزان احتمال فعالیت گره‌ها با نزدیک‌شدن به مقدار $p=1$، کارایی الگوریتم با کارایی روش پایه یکسان می‌گردد.

۴-۴ معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی عملکرد و کارایی روش‌های مختلف ردیابی شیئ به طور معمول از دو معیار بررسی کیفیت تخمین مکان شیئ و نیز میزان انرژی مصرفی حسگرها در طول زمان استفاده می‌شود. در ادامه هر یک از این معیارها شرح داده می‌شوند.

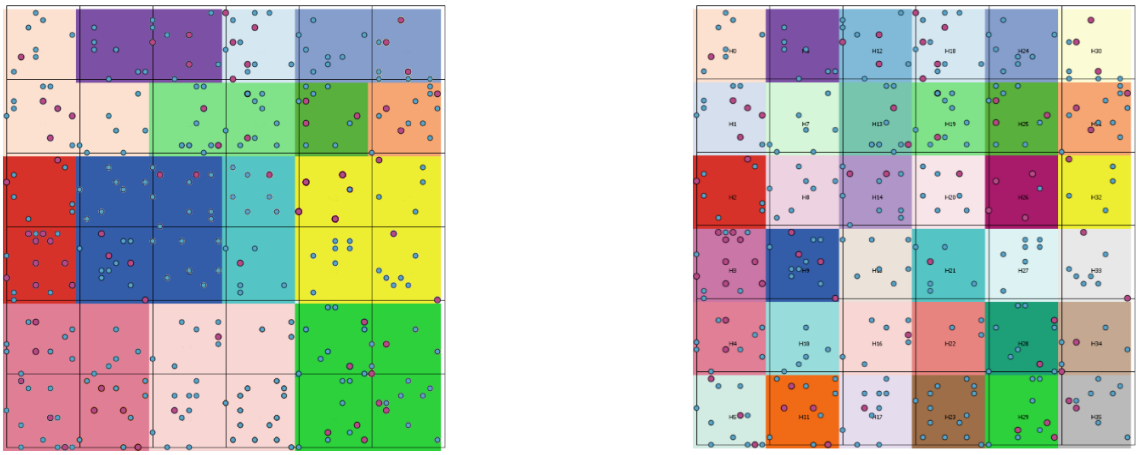
۴-۴-۱ کیفیت ردیابی

این معیار که به معیار خطای ردیابی نیز معروف است، میزان عدم قطعیت در تخمین موقعیت شیئ متحرک را منعکس می‌کند. در این مقاله از روش فاصله اقلیدسی مابین مکان واقعی هدف و مکان تخمین زده شده برای اندازه‌گیری خطای ردیابی استفاده می‌شود. به عبارت دیگر اگر $X_a(t)=(x_a(t),y_a(t))$ مکان‌های واقعی هدف در زمان t باشد، خطای ردیابی لحظه‌ای به صورت زیر تعریف می‌شود

$$q(t)=d(X_o(t),X_a(t))=$$
$$\sqrt{(x_o(t)-x_a(t))^2+(y_o(t)-y_a(t))^2} \qquad (۱۰)$$

Archive of SID

www.SID.ir



(الف) (ب)

شکل ۷: ساختار هولونی شبکه حسگر در (الف) قبل از اجرا و (ب) بعد از اجرای الگوریتم هولون‌بندی.

جدول ۱: مشخصات حسگرها.

حسگر	نماد	برد ارتباطی	برد حسگری	انرژی اولیه	نوع شیئ تشخیصی
SA		۱۰	۴	۴۰۰۰	TA
SB		۲۰	۸	۷۰۰۰	TB ،TA

حال اگر کل مدت زمان حضور هدف در محیط را T در نظر بگیریم، میانگین خطای ردیابی در طول زمان T به صورت زیر محاسبه می‌شود

$$Q = \frac{1}{T}\int_{0}^{T} q(t)\mathrm{d}t \qquad (۱۱)$$

٤-٤-۲ میانگین انرژی گره‌ها

میانگین انرژی گره‌های حسگری در طول زمان شبیه‌سازی یکی از معیارهای برآورد میزان اتلاف انرژی توسط الگوریتم ردیابی است. هرچه میزان انرژی مصرفی توسط گره‌ها پایین باشد، عمر کلی شبکه بالاتر خواهد بود. همان گونه که پیش از این ذکر شد، در بستر آزمایش مورد استفاده، گره‌های حسگری فعال در هر لحظه می‌توانند در یکی از سه حالت بیکار، حسگری و ارتباط قرار داشته باشند که میزان انرژی مصرفی در هر یک از این سه حالت متفاوت می‌باشد. اگر میزان انرژی مصرفی در هر یک از سه حالت فوق را با e_i، e_s و e_c نشان دهیم میانگین انرژی مصرفی حسگرها در زمان t برابر است با

$$ME(t) = \frac{e_i.n_i(t) + e_s.n_s(t) + e_c.n_c(t)}{n_i(t) + n_s(t) + n_c(t)} \qquad (۱۲)$$

که در آن $n_i(t)$، $n_s(t)$ و $n_c(t)$ تعداد گره‌های حسگری در حالت‌های به ترتیب بیکاری، حسگری و ارتباط است. بدیهی است روشی با میانگین انرژی مصرفی پایین به همراه میانگین خطای ردیابی کم مطلوب خواهد بود.

٤-٥ نتایج شبیه‌سازی

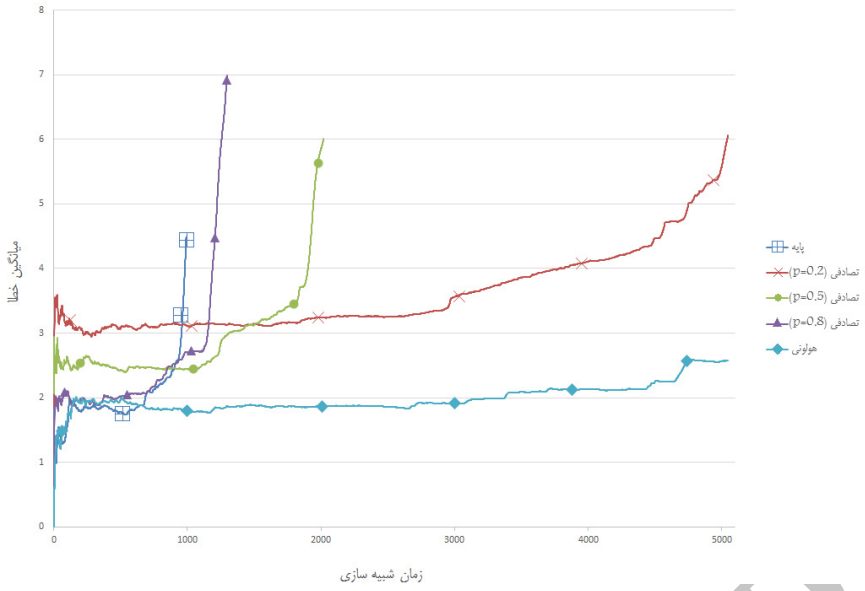
در این شبیه‌سازی، دو نوع حسگر SA و SB به مجموع تعداد ۳۲۵ عدد به صورت تصادفی در محیط آزمایش پخش گردیده است. از این تعداد، احتمال تخصیص به هر یک از حسگرها برابر است با $P(SA) = ۰/۸$ و $P(SB) = ۰/۲$. مشخصات جزئی این حسگرها همراه با قابلیت‌های آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. همان طور که در جدول مشاهده می‌شود، حسگرهای از نوع SA تنها قابلیت تشخیص اشیایی از نوع TA را دارا هستند حال آن که حسگرهای از نوع SB می‌توانند اشیای از دو نوع TA و TB را تشخیص دهند. همان گونه که در ابتدای این بخش ذکر شد، حسگرهای به کار رفته در هر لحظه می‌توانند در یکی از سه حالت بیکار، حسگری و ارتباط باشند. مقدار انرژی که در هر یک از این سه حالت برای هر دو نوع گره حسگری SA و SB مصرف می‌شود برابر است با ۰/۱ واحد برای حالت بیکار، ۷ واحد برای حالت حس‌کردن و در نهایت ۱۵ واحد برای حالت ارتباط.

در این بستر آزمایش شبیه‌سازی شده، شیئی از نوعی مشخص به صورت تصادفی از یکی از اضلاع محیط وارد می‌شود و در داخل محیط شروع به حرکت می‌کند. مسیر و جهت حرکت این هدف به صورت تصادفی است و تا زمانی که انرژی تمامی حسگرها خالی نشده است در داخل محیط به حرکت خود ادامه می‌دهد. در این بستر آزمایش از دو نوع شیئ استفاده گردیده که تنها گره‌های از نوع مناسب قادر به تشخیص و ردیابی آن اشیا هستند. در این آزمایش، به منظور بهره‌بری از تمامی حسگرها در جهت تشخیص و ردیابی، نوع شیئی که وارد محیط می‌شود از نوع TA انتخاب شده است. جهت حرکت این شیئ در داخل محیط در هر لحظه، به صورت تصادفی نسبت به جهت حرکت در لحظه قبل شیئ تعیین می‌شود. این شیئ بدون خروج از محیط تا زمان تمام‌شدن عمر شبکه به حرکت خود ادامه می‌دهد.

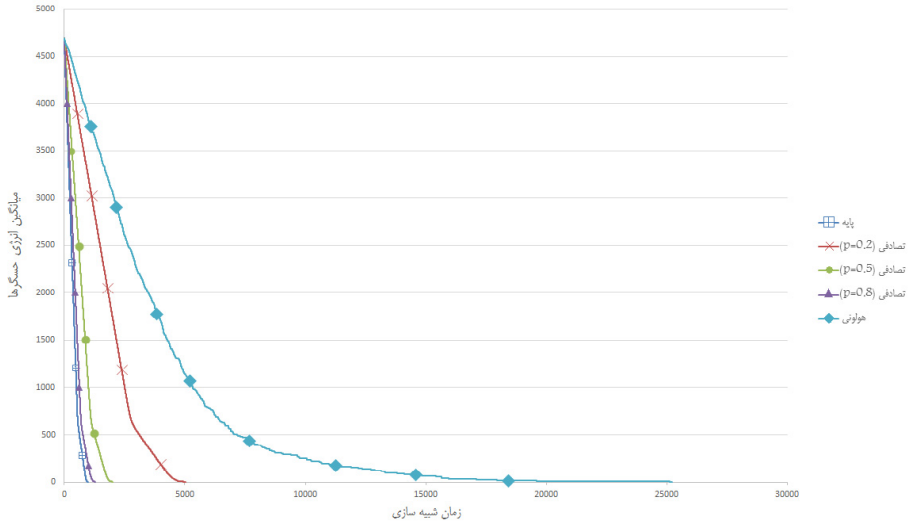
محیط شبکه به ۳۶ قسمت مساوی تقسیم شده است. با اجرای الگوریتم هولون‌بندی پیشنهادی روی این محیط، ساختار هولونی مطابق با شکل ۷ حاصل گردیده است. در قسمت الف از این شکل، ساختار اولیه هولون‌ها قبل از اعمال الگوریتم هولون‌بندی و در قسمت ب، ساختار هولون‌ها بعد از اعمال الگوریتم هولون‌بندی نشان داده شده است. برای متمایزساختن هولون‌ها به صورت بصری از رنگ‌های مختلفی استفاده شده است به این صورت که بخش‌های مربوط به یک هولون واحد دارای رنگ یکسانی بعد از عملیات هولون‌بندی خواهند بود. در قسمت الف، برای پوشش و ردیابی شیئ در داخل هر یک از نواحی کوچک یک هدف تخصیص داده می‌شود و به سبب همین امر و با توجه به الگوریتم پیشنهادی برای هر یک از نواحی کوچک یک هولون اولیه ساخته خواهد شد. بعد از اجرای کامل الگوریتم هولون‌بندی پیشنهادی، تنوع مهارت‌های

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸: مقایسه کیفیت ردیابی الگوریتم‌های مختلف.



شکل ۹: مقایسه میانگین انرژی حسگرها در الگوریتم‌های مختلف.

حسگرهای (عامل‌های) داخل هولون‌ها و مهارت‌های لازم برای ردیابی داخل هر کدام از نواحی سبب می‌گردد که در این مثال اکثر هولون‌ها در راستای افزایش کیفیت ردیابی با تعدادی از هولون‌های همسایگی خود ادغام گردند.

پس از اجرای الگوریتم‌های مختلف تشخیص و ردیابی شیئ که در بخش پیشین آمد، نمودار مربوط به کیفیت ردیابی در هر یک از این الگوریتم‌ها در شکل ۸ به تصویر کشیده شده است. در این شکل، کیفیت روش هولون‌بندی شده در مقایسه با روش پایه و سه روش تصادفی با احتمال‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود از نظر کیفیت ردیابی روش هولونی مشابه با روش پایه عمل کرده است و در روش‌های تصادفی هرچه مقدار احتمال فعال‌بودن گره‌ها کمتر است، کیفیت ردیابی همان طور که انتظار می‌رود بدتر گردیده است. لازم به ذکر است که کیفیت ردیابی در بازه زمانی مربوط به طول عمر شبکه در الگوریتم پایه نشان داده شده و این عمل به منظور ارائه یک مقایسه بصری واضح از الگوریتم‌های مختلف انجام شده است.

از نظر میزان مصرف انرژی روش هولونی پیشنهادی در مقایسه با چهار روش دیگر بهترین عملکرد را داشته است. نمودار مقایسه میانگین انرژی حسگرهای شبکه در طول زمان در پنج الگوریتم هولون، پایه و سه روش تصادفی با احتمال‌های ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ در شکل ۹ نشان داده شده است. همان گونه که در شکل مشهود است، الگوریتم پایه به علت قرارداشتن همه گره‌ها در حالت حسگری، با وجود فراهم‌کردن کیفیت ردیابی بسیار بالا، بدترین عملکرد را در حفظ انرژی گره‌ها داشته است. از سویی دیگر در روش‌های تصادفی، هرچه احتمال فعال‌بودن گره‌ها پایین‌تر است، انرژی بیشتری از گره‌های حسگری حفظ می‌شود، حال آن که با توجه به شکل ۸ این افزایش طول عمر شبکه با صرف هزینه پایین‌بودن کیفیت ردیابی همراه است. در مقایسه با این روش‌ها، روش هولونی توانسته است با حفظ انرژی گره‌هایی از شبکه که استفاده‌ای از آنها نمی‌شود، توازن بسیار خوبی مابین کیفیت ردیابی و افزایش طول عمر شبکه برقرار کند.

۵- جمع‌بندی

در این مقاله، یک روش تشکیل ساختار اولیه برای سیستم‌های چندعاملی هولونی ارائه گردید. روش پیشنهادشده که بر پایه مفهوم اجتماعی ساختارهای سازمانی استوار است بر خلاف اغلب روش‌های مطرح‌شده، یک روش کلی و قابل استفاده در طیف وسیعی از کاربردهای سیستم‌های چندعاملی می‌باشد. این مقصود با مدل‌کردن یک ساختار سازمانی با استفاده از ارائه یک تعریف مناسب از اجزای ساختاری و

www.SID.ir

رابطه‌ای در داخل سیستم‌های چندعاملی در مرحله نخست و سپس شکل‌گیری ساختار هولونی طی یک فرایند پایین به بالا و با توجه به ساختار اهداف سیستم، حاصل گردید. فرضیات و تعاریفی که در الگوریتم پیشنهادی به کار گرفته شده‌اند بسیار روشن بوده و در بسیاری از سیستم‌ها و مسایل چندعاملی وجود داشته یا به راحتی قابل تعریف می‌باشند. این ویژگی سبب گردیده که طراح این گونه سیستم‌ها قادر باشد از روش پیشنهادی در ارائه یک رویکرد هولونی در مسایل چندعاملی بهره ببرد.

برای نشان‌دادن نحوه کاربرد روش پیشنهادی در مسایل توزیع‌شده واقعی و نیز کارایی بالای آن در حل مسایل مربوط، در این مقاله بستر آزمایشی برای ردیابی اشیای متحرک در حوزه شبکه‌های حسگر بی‌سیم تعریف و مورد استفاده قرار گرفت. همان گونه که از نتایج شبیه‌سازی روشن است، روش هولونی مبتنی بر الگوریتم پیشنهادی این مقاله در مقایسه با دو الگوریتم پایه‌ای دیگر هم از نظر میزان کیفیت ردیابی و هم از دید جلوگیری از اتلاف انرژی حسگرها در طول ردیابی، بسیار کارآمد عمل نموده است. بدیهی است که هدف از این آزمایش صرفاً نمایش نحوه استفاده از الگوریتم پیشنهادی روی یک مسئله کابردی بوده و تمرکزی روی بهینه‌سازی نتایج در حوزه شبکه‌های حسگر بی‌سیم صورت نگرفته است. کما آن که با تمرکز در این حوزه می‌توان به نتایج بسیار بهتری نیز دست یافت.

روشی که در این مقاله ارائه گردید، یک روش ایستا برای تشکیل ساختار اولیه یک سیستم چندعاملی هولونی به عنوان گام نخست از سازمان‌دهی پویای آنها است. به عنوان نمونه‌ای از تحقیقاتی که در کارهای آتی در این راستا در حال انجام است می‌توان به ارائه یک چارچوب کلی برای تغییرات پویای احتمالی در این سیستم‌ها و نحوه مدیریت و کنترل ساختار تشکیل‌شده اولیه در برابر این تغییرات اشاره کرد.

مراجع

[1] S. J. Russell, P. Norvig, J. F. Canny, J. M. Malik, and D. D. Edwards, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, vol. 74. Prentice hall Englewood Cliffs, 1995.

[2] M. Wooldridge, *An Introduction to Multiagent Systems*, John Wiley & Sons, 2009.

[3] K. M. Carley and L. Gasser, "Computational organization theory," in *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1999, pp. 299-330.

[4] B. Horling and V. Lesser, "A survey of multi-agent organizational paradigms," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 19, no. 4, pp. 281-316, Dec. 2004.

[5] A. Koestler, *The Ghost in the Machine*, Goring-by-Sea, WS, UK: Macmillan, 1968.

[6] E. Adam and R. Mandiau, "Roles and hierarchy in multi-agent organizations," in *Proc. 4th Int. Central and Eastern European Conf. on Multi-Agent Systems and Applications*, pp. 539-542, Budapest, Hungary, 15-17 Sep.. 2005.

[7] V. Dignum and F. Dignum, "Coordinating tasks in agent organizations," in *Coordination, Organizations, Institutions, and Norms in Agent Systems II*, Springer, 2007, pp. 32-47.

[8] M. Cossentino, N. Gaud, and V. Hilaire, "A holonic metamodel for agent-oriented analysis and design," in *A Holonic Metamodel for Agent-Oriented Analysis and Design*, vol. LNCS 4659, M. Cossentino, N. Gaud, S. Galland, V. Hilaire, and A. Koukam, Eds., Springer, 2007, pp. 237-246.

[9] R. Davis and R. G. Smith, "Negotiation as a metaphor for distributed problem solving," in *Communication in Multiagent Systems*, vol. LNCS 2650, R. Davis and R. G. Smith, Eds., 2003, pp. 51-97.

[10] F. Maturana, W. Shen, and D. H. Norrie, "MetaMorph: an adaptive agent-based architecture for intelligent manufacturing," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 37, no. 10, pp. 2159-2173, 1999.

[11] E. A. Sultanik, *Automatic Construction, Maintenance, and Optimization of Dynamic Agent Organizations*, Drexel University, 2010.

[12] X. Zhang and D. H. Norrie, "Holonic control at the production and controller levels," in *Proc. of the 2nd Int. Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, pp. 215-224, 1999.

[13] M. Ulieru, "Emergence of holonic enterprises from multi-agent systems: a fuzzy evolutionary approach," in V. Loia, ed., *Soft Computing Agents: A New Perspective on Dynamic Information Systems,* pp. 187-215, 2002.

[14] D. Stefanoiu, M. Ulieru, and D. Norrie, "Fuzzy modeling of multi-agent systems behavior: vagueness minimization," in *Proc. of World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, SCI'00*, vol. 3, pp. 118-123, Orlando, USA, Jul. 23-26, 2000.

[15] C. Ciufudean and C. Filote, "Artificial social models for holonic systems," in *Proc. of the 5th Int. Conf. on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing, HoloMAS'11*, pp. 133-142, 2011.

[16] G. Gaspar, "Communication and belief changes in a society of agents: towards a formal model of an autonomous agent," *Decentralized AI*, vol. 2, pp. 245-255, 1991.

[17] S. A. Rodriguez, *From Analysis to Design of Holonic Multi-Agent Systems: A Framework, Methodological Guidelines and Applications*, University of Belford, France, 2005.

[18] L. Jie, Z. Wei-Ming, X. Bao-Xin, and L. Zhong, "An organization model in MAS based on holon," in *Proc. IEEE 9th Int. Conf. Dependable Auton. Secur. Comput.*, pp. 951-957, Dec. 2011.

[19] M. Abdoos, A. Esmaeili, and N. Mozayani, "Holonification of a network of agents based on graph theory," in *Holonification of a Network of Agents Based on Graph Theorys*, vol. *LCNC: 7327,* G. Jezic, M. Kusek, N. -T. Nguyen, R. Howlett, and L. Jain, Eds. Berlin: Springer Heidelberg, 2012, pp. 379-388.

[20] A. Esmaeili, N. Mozayani, and M. R. Jahed Motlagh, "Multi-level Holonification of multi-agent networks," in *Proc. 12th Iranian Conf. on Intelligent Systems, ICIS'14*, pp. 1269-1273, 2014.

[21] F. Oppermann, C. Boano, and K. Romer, "A decade of wireless sensing applications: survey and taxonomy," in *The Art of Wireless Sensor Networks* H. M. Ammari, Ed., Berlin: Springer Heidelberg, 2014, pp. 11-50.

[22] S. Pattem, S. Poduri, and B. Krishnamachari, "Energy-quality tradeoffs for target tracking in wireless sensor networks," in *Proc. Proceedings of the 2nd Int. Conf. on Information Processing in Sensor Networks*, pp. 32-46, 2003.

احمد اسمعیلی در سال ۱۳۸۶ مدرک کارشناسی خود را در مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار و در سال ۱۳۸۹ مدرک کارشناسی ارشد خود را در مهندسی کامپیوتر گرایش هوش‌مصنوعی، به ترتیب از دانشگاه‌های ارومیه و علم و صنعت ایران اخذ نمود و اینک دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی و رباتیک در دانشگاه علم و صنعت ایران است. وی همچنین از سال ۱۳۹۳ الی ۱۳۹۴، به عنوان محقق مدعو در دانشگاه پردو آمریکا مشغول به فعالیت بوده است. از زمینه‌های علمی و تحقیقات نام‌برده می‌توان به هوش‌مصنوعی توزیع شده و رایانش نرم اشاره نمود.

ناصر مزینی در سال ۱۳۶۹ مدرک کارشناسی خود را از دانشگاه صنعتی شریف در مهندسی برق گرایش کامپیوتر سخت افزار اخذ نمود و سپس در سال ۱۳۷۲ مدرک کارشناسی ارشد را در رشته سیستم‌های اطلاعاتی و تله ماتیک از سوپلک فرانسه و همچنین در سال ۱۳۷۷ از دانشگاه رن یک فرانسه در رشته انفورماتیک دریافت نمود. وی از سال ۱۳۷۹ در دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه علم و صنعت ایران مشغول به فعالیت گردید و اینک نیز عضو هیأت علمی این دانشکده می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه نام‌برده عمدتاً در زمینه رایانش نرم، فناوری اطلاعات و شبکه‌های کامپیوتری است.

محمدرضا جاهد مطلق در سال ۱۳۵۷ مدرک کارشناسی مهندسی برق خود را از دانشگاه صنعتی شریف دریافت نمود. از سال ۱۳۵۹ الی ۱۳۶۴ نامبرده به عنوان کارشناس سیستم‌های کنترل کامپیوتری در صنایع مختلف به کار مشغول بود. و پس از آن تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی کنترل به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۷۰ در دانشگاه برافورد انگلستان به پایان رسانده است. دکتر جاهد مطلق از سال ۱۳۷۰ در دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه علم وصنعت ایران در تهران مشغول به فعالیت گردید و اینک نیز عضو هیأت علمی این دانشکده می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه نام‌برده متنوع بوده و شامل موضوعاتی مانند مدل‌سازی و کنترل سیستم‌های پیچیده، مدل‌سازی و تحلیل سیستم‌های شناختی، کنترل و مدل سازی سیستم‌های رباتیک،اتوماسیون سیستم‌های صنعتی و تحلیل پایداری و پایدار سازی و کنترل سیستم‌های غیر خطی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir